

Procesos diagenéticos en las arcillas de la región de La Sagra (Cuenca del Tajo)

Por E. GARCIA ROMERO (*); M. DOVAL (**); J. M. BRELL (***) y A. PERRUCHOT, (****)

RESUMEN

El objetivo de este trabajo es la caracterización mineralógica y geoquímica de las arcillas de la denominada «Formación Arcillas Rojas de La Sagra», localizada en el sector sur de la Cuenca del Tajo. Se han estudiado muestras de esta formación en superficie y en sondeos, así como de los materiales que, aparentemente, constituyen cambios laterales de la misma.

Los resultados obtenidos muestran una composición mineralógica caracterizada por la predominancia de illita, con esmectita, clorita y paligorskita como minerales acompañantes.

Tanto mineralógica como químicamente, las arcillas de La Sagra son muy diferentes en composición a las formaciones más detríticas, con las que presenta aparente continuidad lateral.

Las principales conclusiones del estudio se refieren a la existencia de procesos de transformación en la diagénesis temprana, así como a probables variaciones del área fuente, relacionadas con la actividad tectónica, como causas de las diferencias mencionadas.

ABSTRACT

The purpose of this work is to characterize mineralogically and geochemically the clays of the so called «Red Clays formation from La Sagra» located in the southern part of the Tajo Basin. Samples of this formation in surface and in drilling as well as of the materials that apparently originate lateral changes in the formation, have been studied.

The obtained results show a mineralogical composition characterized by the predomination of illite with smectite, clorite and paligorskite as accompanying minerals.

As well mineralogically as chemically the clays from «La Sagra» show a very different composition from the most detrital formations with which they apparently show lateral continuity.

The main conclusions of the research refer to the existence of transformation processes in the early diagenesis, as well as to probable variations of source rock, related with the tectonic activity as causes of the mentioned differences.

INTRODUCCION

Los sedimentos miocenos que rellenan la Cuenca del Tajo presentan una gran variedad de facies, así como una gran complejidad en los cambios la-

terales que afectan a las mismas. Esta complejidad es consecuencia de una activa sedimentación detrítica, a partir de los bordes montañosos circundantes, contemporánea con una etapa de fracturación en bloques del basamento, unido a la neoformación de sedimentos evaporíticos en la parte central. En ella se observa un paso gradual de las facies detríticas groseras marginales, hacia facies más finas y evaporíticas en el centro de la cuenca.

El núcleo evaporítico, constituido fundamentalmente por sulfatos y cloruros, se considera depositado en un ambiente de lago salino o sebkha.

(*) Sección de Químicas. Colegio Universitario de Toledo.

(**) Dpto. de Cristalografía y Mineralogía. Facultad de C.C. Geológicas. Univ. Complutense de Madrid.

(***) Dpto. de Estratigrafía. Facultad de C.C. Geológicas. Univ. Complutense de Madrid.

(****) Lab. de Géochimie des Roches Sédimentaires. Univ. de Paris-Sud.

En el sector meridional de la cuenca (Región de La Sagra), en tránsito lateral a los sedimentos detríticos gruesos del borde Sur y a los materiales evaporíticos del centro de la cuenca aparece una formación arcillosa que no se encuentra en el Norte —Formación «Arcillas Rojas de la Sagra»— (GARCÍA ROMERO, 1988), que es la base de la industria cerámica de la región. Esta Formación presenta características mineralógicas muy distintas de las que presentan las unidades arcillosas que han sido descritas, por diferentes autores, para otras zonas de la cuenca (GARCÍA SANTIAGO, 1984; BRELL et al., 1985; DOMÍNGUEZ DÍAZ, 1985; DOVAL et al., 1985a y 1985b). Se sitúa muy próxima a los Montes de Toledo, por lo que estas diferencias en su composición mineralógica pueden ser debidas, en parte, a la influencia de materiales procedentes de la erosión del citado sistema montañoso.

Por otro lado, los estudios sobre la mineralogía de las arcillas de este sector de la depresión (GARCÍA ROMERO, 1988) han puesto de manifiesto diferencias mineralógicas muy acusadas entre las facies gruesas del borde y las facies finas que las suceden hacia el centro de la cuenca, las cuales, en principio, podrían considerarse su equivalente lateral.

A la vista de dichas diferencias mineralógicas, se ha considerado oportuno investigar la naturaleza de dichas arcillas con objeto de caracterizarlas y poder compararlas con las de otras facies.

LOCALIZACION Y CARACTERISTICAS ESTRATIGRAFICAS DE LAS SERIES ESTUDIADAS

La zona estudiada se sitúa en la región de «La Sagra», muy próxima a Toledo capital (fig. 1). Sobre ella se asientan las localidades de Yuncler, Villaluenga, Cobeja, Pantoja, Magán y Villaseca de la Sagra.

Se trata de sucesiones con carácter marcadamente arcilloso, homogéneas, con abundante bioturbación y tonalidades, en la mayoría de los casos, pardo-rojizas, que nunca afloran en cotas superiores a los 520-540 metros. Corresponden a un medio de deposición de tipo mud-flat lacustre. En ellas aparecen, ocasionalmente, intercalaciones de arenas micáceas finas.

Los tránsitos laterales que se observan en estos

materiales son: hacia el Sur a depósitos de tipo mud-flow o debris-flow procedentes de la erosión de los Montes de Toledo (Formación «Arenas Gruesas Rojas»), hacia el Oeste, a sedimentos de orla distal de abanicos aluviales, procedentes de la erosión del sector más occidental del Sistema Central (Formación «Arenas Finas con Sepiolita, Sílex y Carbonatos»), y hacia el Este a las evaporitas del Centro de Cuenca. Las tres se encuentran parcialmente cubiertas por otra formación detrítica de características diferentes (Formación «Arenas Gruesas Pardas»). Sobre las arcillas de La Sagra, asimismo, aparecen retazos de otra formación arcillosa («Arcillas Verdes»), ampliamente representada en sectores situados más al Norte en la Cuenca (GARCÍA ROMERO, 1988).

Se han estudiado cuatro columnas litológicas, así como dos sondeos con testigo continuo, cedidos por ENUSA. Tres de las columnas han sido levantadas en las «Arcillas Rojas de La Sagra», aprovechando las canteras existentes para la extracción de arcillas con fines cerámicos (Yuncler y Cobeja) y los cortes efectuados por el trazado de la carretera Seseña-Toledo. La columna más occidental de las estudiadas se ha levantado en las canteras de sepiolita próximas a la localidad de Yuncler. Los sondeos se sitúan entre las localidades de Bargas y Olías del Rey (Formación «Arenas Gruesas Rojas», GARCÍA ROMERO, 1988) y cerca de Cobeja, en las «Arcillas Rojas de La Sagra», respectivamente.

La localización de las columnas, así como un esquema geológico de la región se muestra en la figura 1.

METODOS EXPERIMENTALES

Las muestras se han estudiado mediante difracción de Rayos-X, Análisis Químicos y Microscopía Electrónica de Barrido.

Para la caracterización de los minerales de la arcilla en difracción de Rayos-X se han utilizado muestras homoionizadas con CNa. Los agregados orientados se han tratado con etilenglicol y térmicamente. El equipo empleado ha sido Philips, modelo PW 1130/90, utilizando la radiación $K\alpha$ de cobre y monocromador de cristal curvo de grafito.

Sobre los difractogramas de los agregados orientados han sido medidos los índices de KUBLER

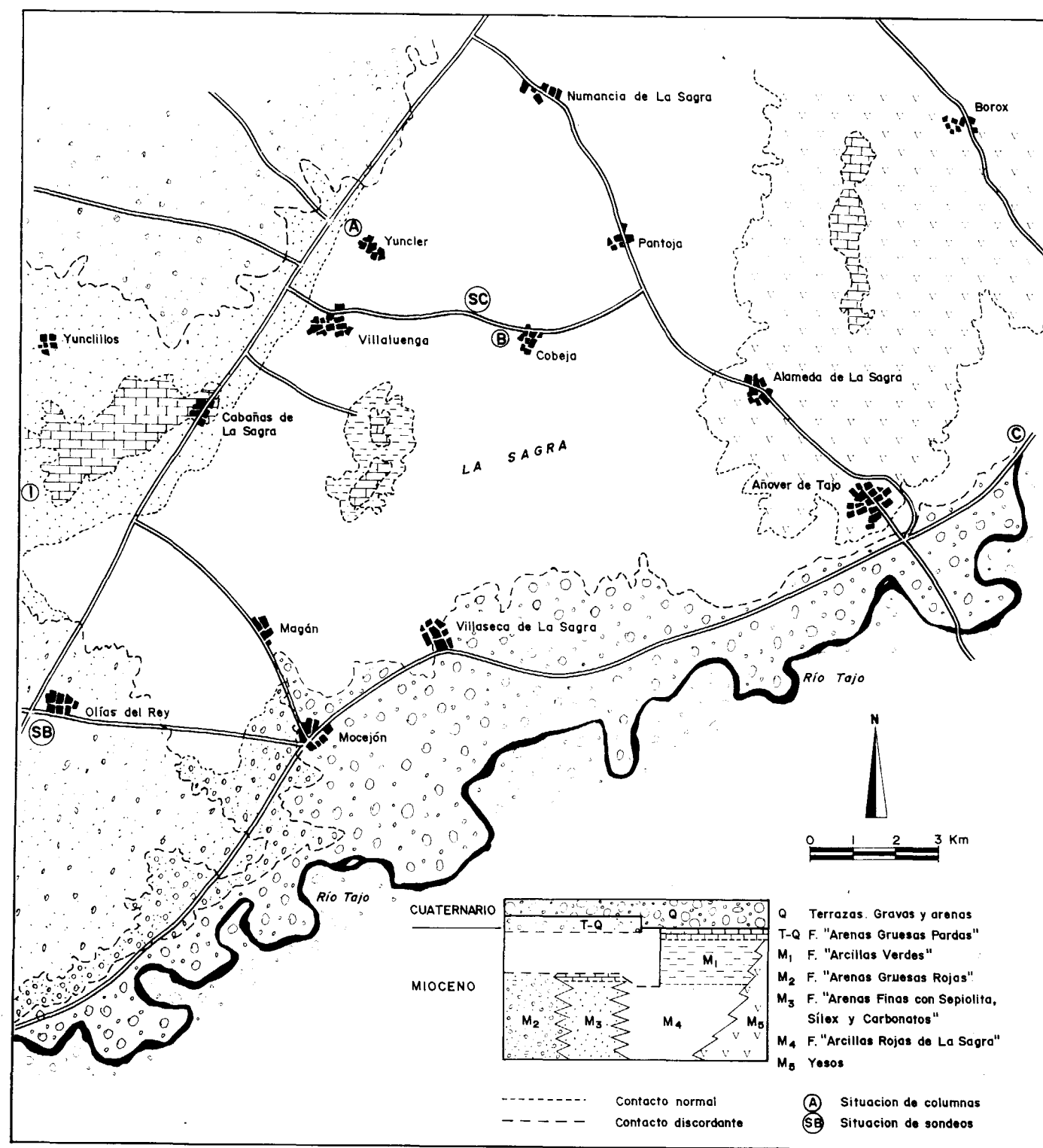


Figura 1.—Mapa litológico y de situación. A, Columna de Yuncier; B, Columna de Cobeja; C, Columna de Añover de Tajo; SC, Sondeo de Cobeja; I, Columna de la Formación «Arenas Finas con Sepiolita, Sílex y Carbonatos»; SB, Sondeo de la Formación «Arenas Gruesas Rojas».

(1968) en ilitas y BISCAYE (1965) en esmectitas. Igualmente, se ha determinado la relación $I(002)/I(001)$ de las ilitas con objeto de conocer los distintos tipos composicionales de este mineral. Sobre los difractogramas de polvo se ha determinado el parámetro b_0 a partir de la reflexión (060).

Así mismo, se han efectuado análisis químicos de los elementos mayores de un número representativo de muestras. Estos fueron realizados por fluorescencia de Rayos-X a partir de muestras de roca fundida o «perlas», sobre la fracción menor de 2μ .

Los datos químicos y mineralógicos han sido tratados mediante ordenador para la obtención de matrices de correlación lineal múltiple.

La Microscopía Electrónica de Barrido ha sido realizada, sobre muestras metalizadas con carbono, con un equipo Philips 505 con microprocesador LINK AN 10000. Los análisis (en pie de fotografías) se muestran en porcentaje de elementos normalizados al producto anhidro, obtenidos con la ayuda del programa LINK ZAF PB. El factor de forma ha sido tenido en cuenta en el cálculo. El oxígeno ha sido obtenido mediante espectrometría.

RESULTADOS

En la figura 2 se representa, junto a la columna litológica, la composición mineralógica de la Formación «Arenas finas con Sepiolita, Sílex y Carbonatos». Se trata de una alternancia de niveles arcillosos y limo-arenosos pardos, estos últimos más desarrollados hacia el borde de la cuenca. Ocasionalmente aparecen niveles carbonatados (principalmente dolomíticos), así como silíceos asociados a las arcillas, que en muchas ocasiones constituyen el techo de las mismas.

Como puede observarse en dicha figura, los niveles arcillosos están constituidos, casi exclusivamente, por sepiolita y esmectitas trioctaédricas, en proporciones muy variables, tanto de unos tramos a otros como dentro de un mismo tramo. La sepiolita se encuentra, a veces, en paquetes, de elevada pureza, de varios metros de potencia. En algunas ocasiones también aparecen niveles esmectíticos puros. La fórmula cristaloquímica calculada a partir de muestras esmectíticas puras es:

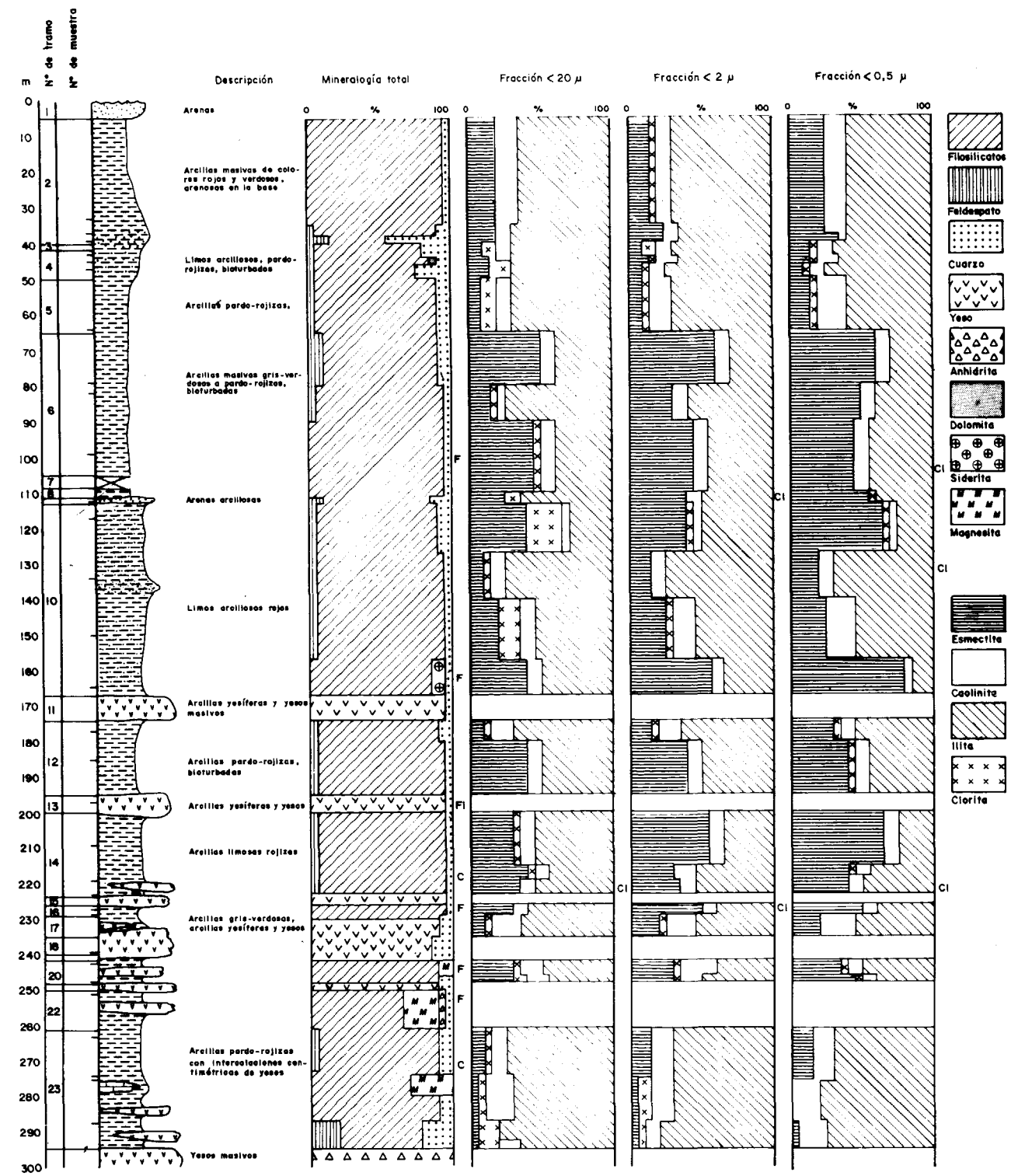
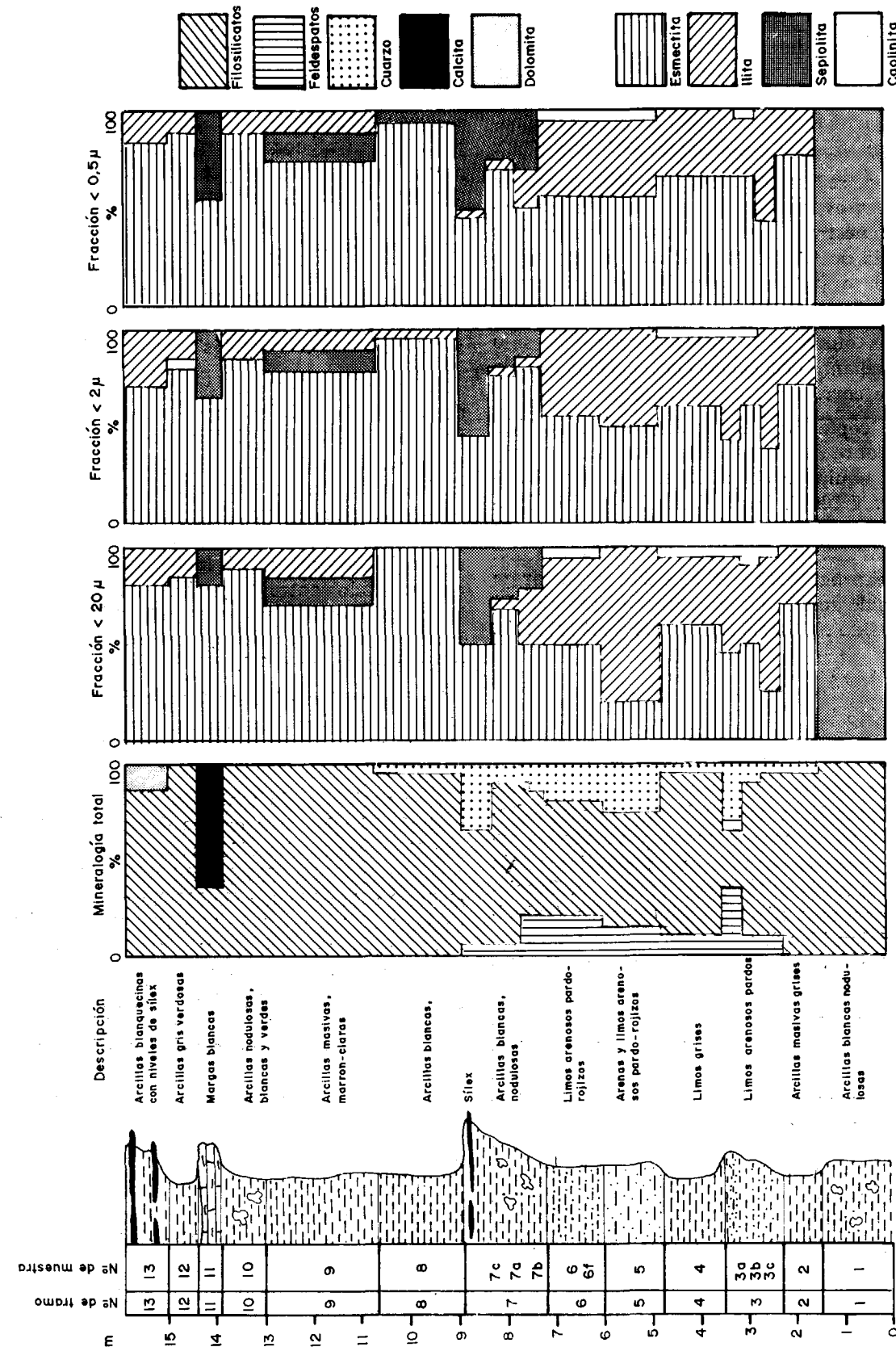
$(\text{Si}_{7.54}\text{Al}_{0.5})(\text{Al}_{0.18}\text{Mg}_{5.51}\text{Fe}_{0.13})\text{O}_{20}(\text{OH})_4\text{Ca}_{0.27}\text{K}_{0.036}$, la cual corresponde a una saponita.

Los minerales que aparecen en los niveles arenosos son filosilicatos, cuarzo y feldespatos (con plagioclasa siempre como feldespato mayoritario), en proporciones muy variables (filosilicatos 30-85 %, cuarzo, 5-40 % y feldespatos, 5-35 %), acompañados, en algunos casos, de indicios de carbonatos. Los filosilicatos presentes en estos niveles son ilita (30-80 %), esmectita (20-70 %) y caolinita (de indicios a un máximo del 10 %). Se observa, en todos los casos, que los porcentajes de esmectita se incrementan en las fracciones finas (<2 y $<0.5 \mu$), disminuyendo los de ilita. Así mismo, se observa que los mayores porcentajes de ilita y caolinita se asocian a los tramos más arenosos.

La reflexión (060) en estas muestras presenta dos efectos bien definidos en torno a 1.50 y 1.53 \AA . La relación $I(002)/I(001)$ de la ilita se encuentra comprendida entre valores medios de 0.15 y 0.23 . El índice de Kubler presenta valores medios comprendidos entre 2.7 y 3.5 , para la fracción menor de 20μ , aumentando ligeramente en las fracciones más finas; los del índice de Biscaye están comprendidos entre 0.6 y 0.7 para las muestras de la fracción $<20 \mu$, y ligeramente más elevados en las fracciones más finas, donde llega a alcanzar valores en torno a 0.8 .

La Formación «Arenas Gruesas Rojas», situada al Sur de las arcillas de La Sagra (fig. 3), está constituida por una alternancia de limos y arenas rojas de diferentes tamaños de grano, y proporciones variables de matriz arcillosa, angulosas y mal clasificadas, con cantos de rocas metamórficas dispersos en ellas. Estas arenas están compuestas por cuarzo (5-60 %), feldespatos (de indicios al 55 %) y filosilicatos (25-80 %), representados por esmectita, ilita y paligorskita, distribuidos, así mismo, entre márgenes amplios (Esmectita: 40-80 %, Iilita: 15-45 %; caolinita: 5-10 % y paligorskita: indicios 15 %). Tanto la ilita como la esmectita se encuentran bien cristalizadas, con índices de Kubler y de Biscaye entre 2.5 y 0.8 , respectivamente. La reflexión (060) indica que los filosilicatos dominantes en esta formación son dioctaédricos.

En las «Arcillas Rojas de La Sagra» (figs. 4, 5, 6 y 7) los componentes mayoritarios son, en general, minerales de la arcilla, acompañados de menores proporciones de cuarzo, feldespatos (predominantemente plagioclasas) y carbonatos (calcita y/o dolomita). Los porcentajes de filosilicatos frecuentemente alcanzan el 90 % y sólo en ocasiones descienden hasta el 60 %, frente a con-



tenidos en cuarzo y feldespatos que raramente alcanzan el 15% del total de la muestra.

En las intercalaciones arenosas los porcentajes de filosilicatos descienden hasta el 40-75%, aumentando los de cuarzo (10-50%) y feldespatos (5-50%).

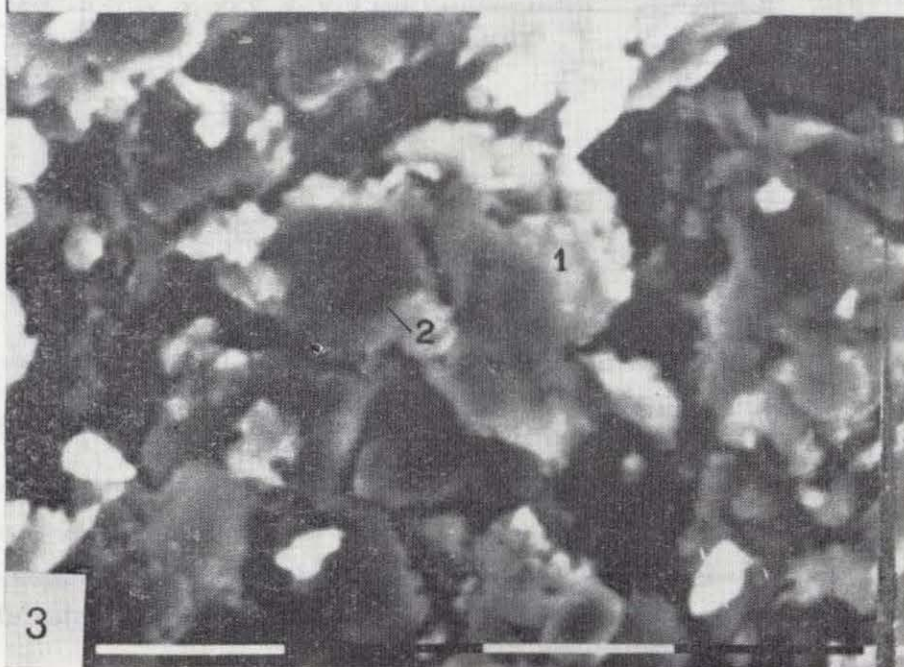
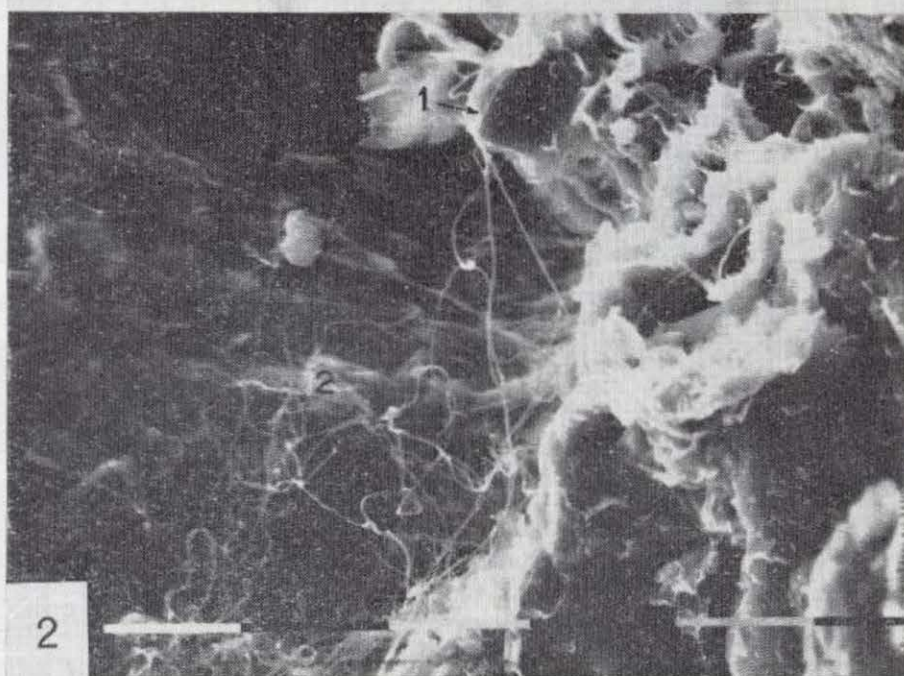
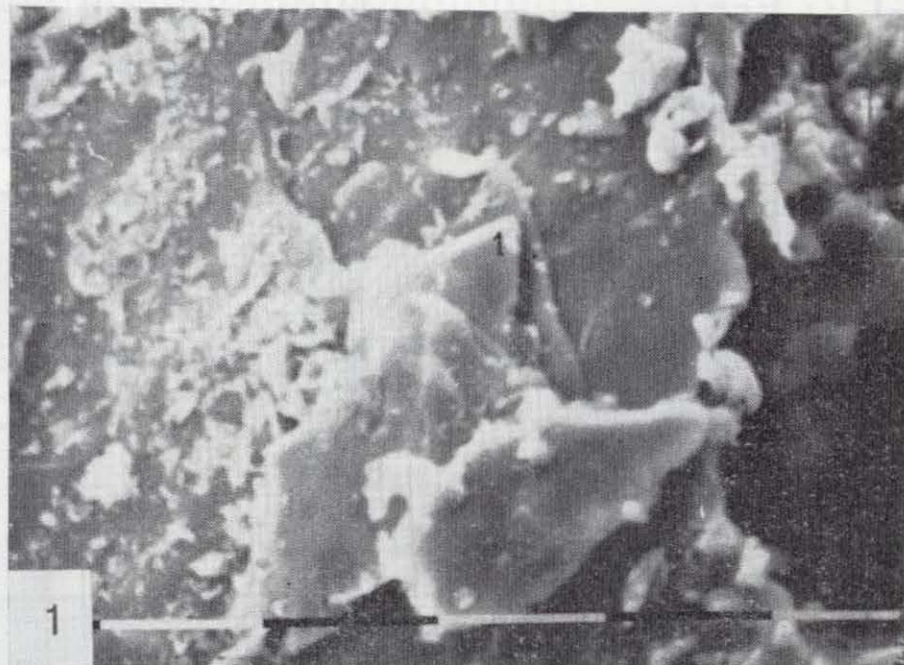
En las zonas próximas al Centro de Cuenca, así como a partir de 145 metros de profundidad en el sondeo, aparecen intercalaciones de yeso y anhidrita, con los que las arcillas de La Sagra se indentan. En las zonas más profundas del sondeo, además, aparecen magnesita y celestina (fotografía 1), aunque de forma ocasional.

La illita (fotografía 2) es el filosilicato dominante en esta formación, acompañada de menores proporciones de esmectita (fotografía 3), caolinita, paligorskita (fotografía 3) y clorita. En la mayor parte de las muestras estudiadas en esta formación, aparece un efecto a 13,38 Å, que pasa a 16,99 Å tras haber sido solvatado con etilenglicol y permanece a 12,28 Å después de sufrir calentamiento a 550° C durante dos horas (fig. 8). Este comportamiento nos lleva a suponer que se trata de un intergrado en el sentido descrito por JACKSON (1963). La aparición de estos minerales se relaciona, sin duda, con el proceso de cloritización que se observa en las arcillas de La Sagra.

En la figura 9 se muestra la variación composicional en las arcillas de La Sagra. Esta variación consiste en una progresiva disminución de la esmectita hacia el Centro de Cuenca, así como en profundidad, llegando a desaparecer casi totalmen-

te en la proximidad a los yesos. Los contenidos de illita varían en sentido contrario.

Paralelamente, se observa que hay un ligero enriquecimiento en esmectita y empobrecimiento en illita en las fracciones más finas (<2 y $<0,5 \mu$).



Fotografía 1.—Fotografía MEB. Celestina (1): % de elementos anhidros: Na, 0.41; Mg, 0.11; Al, 0.40; Si, 0.31; P, 1.26; S, 16.30; Cl, 0.12; K, 0.27; Ca, 0.66; Ti, 0.19; Mn, 0.02; Fe, 0.88; Sr, 44.87; Ba, 3.80; O, 33.17.

Fotografía 2.—Fotografía MEB. Illita (1), % de elementos anhidros: Na, 1.00; Mg, 2.01; Al, 18.30; Si, 22.39; P, 0.53; S, 0.06; Cl, 0.54; K, 6.94; Ca, 0.61; Ti, 0.11; Mn, 0.07; Fe, 1.17; O, 46.42. Paligorskita (2).

Fotografía 3.—Fotografía MEB. Esmectita (1): % de elementos anhidros: Na, 2.00; Mg, 10.98; Al, 10.10; Si, 20.84; P, 0.14; S, 0.26; Cl, 0.40; K, 2.09; Ca, 0.52; Ti, 0.16; Mn, 0.15; Fe, 7.20; O, 45.15. Clorita (2): % de elementos anhidros: Na, 1.33; Mg, 9.24; Al, 13.14; Si, 15.25; P, 0.02; S, 0.07; Cl, 0.26; K, 1.17; Ca, 0.04; Ti, 0.23; Mn, 0.14; Fe, 15.98; O, 43.11.

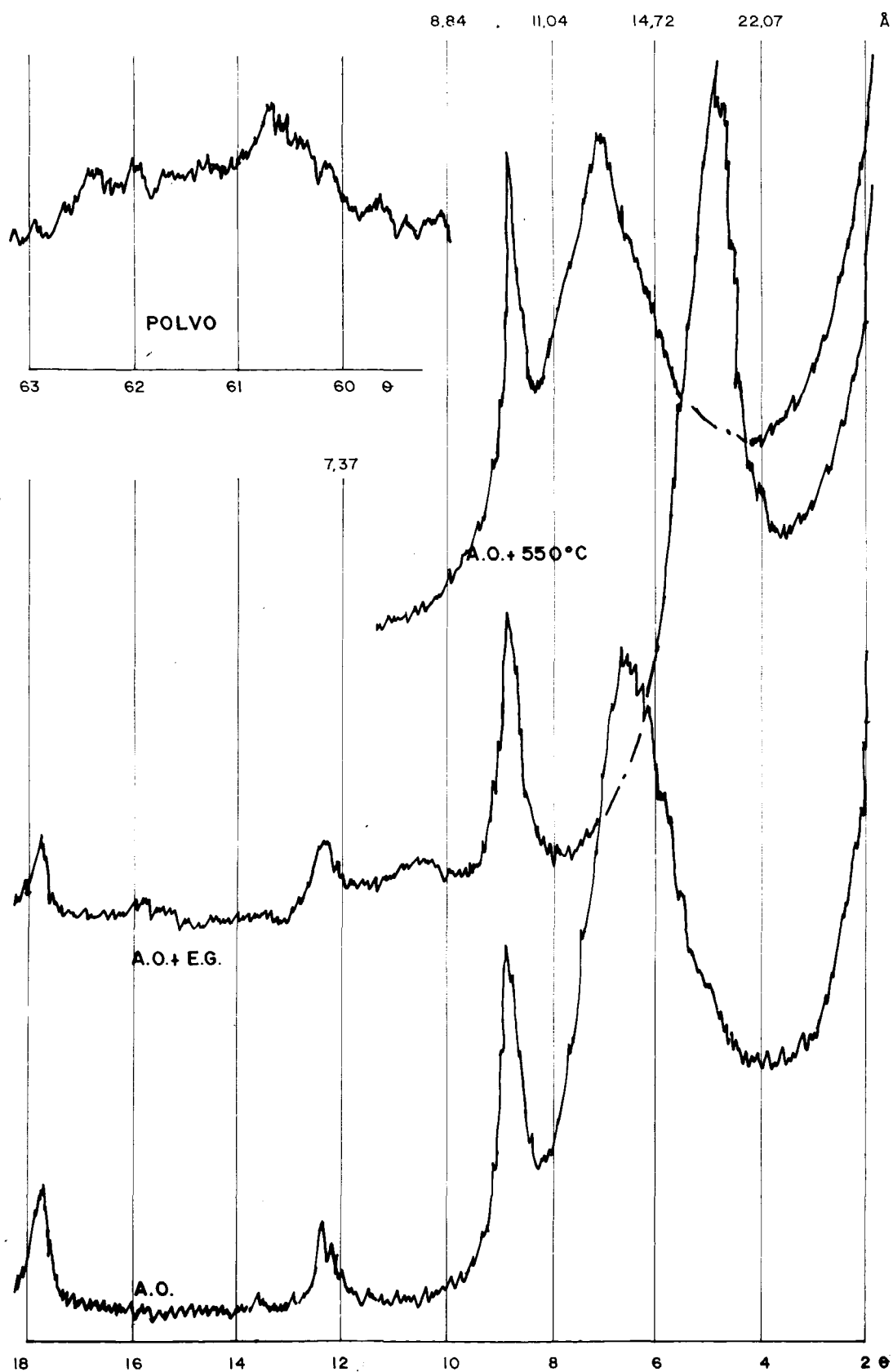


Figura 8.—Difractogramas de Rayos-X (Fracción $< 2 \mu$) de la formación «Arcillas Rojas de La Sagra», donde se observan los efectos correspondientes a un intergrado.

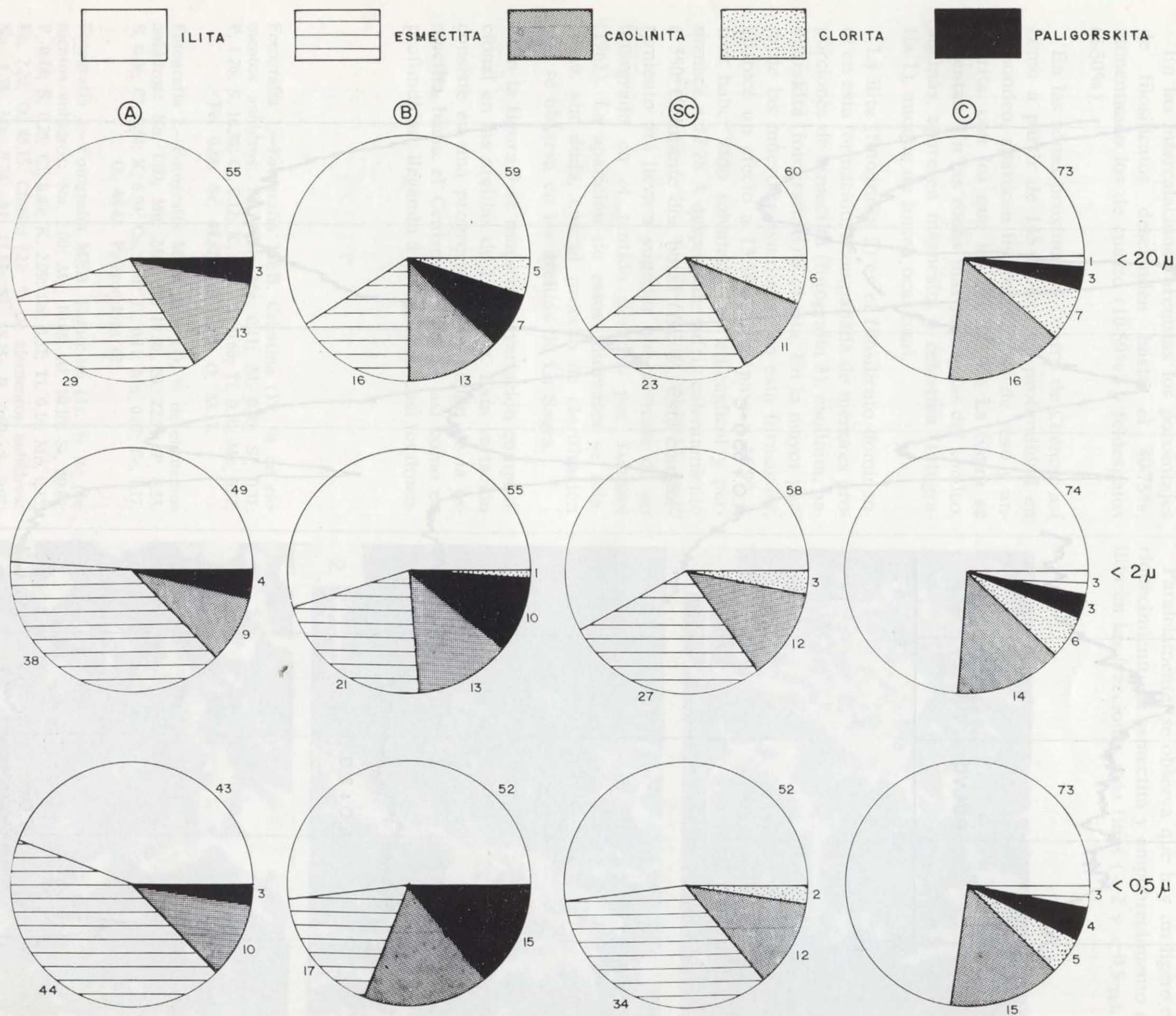


Figura 9.—Variación composicional de las arcillas de «La Sagra». A. Serie de Yuncler. B, Serie de Cobeja. SC, Sondeo de Cobeja. C, Serie de Añover de Tajo.

La clorita (fotografía 3), que no aparece en la serie más occidental de La Sagra (Yuncler), se encuentra en porcentajes reducidos en la serie de Cobeja y en el sondeo, donde es más abundante en las muestras más profundas. Sus mayores contenidos aparecen en la serie más oriental, más próxima a las evaporitas. La caolinita y la paligorskita, sin embargo, no muestran variaciones significativas en las diferentes columnas estudiadas.

La reflexión (060), en todos los casos, muestra efectos bien definidos en torno a 1,50 y 1,53 Å en las fracciones inferiores a 20 y a 2 μ , y se resuelve en forma de anchas bandas comprendidas entre 1,50 y 1,53 Å en la fracción <0,5 μ , lo que indica la coexistencia de minerales di y trioctaédricos en la misma muestra.

No se aprecian variaciones significativas en la cristalinidad de la ilita en las diferentes columnas estudiadas. Los valores medios del índice de Kubler se encuentran entre 3,28 y 4,5. Únicamente puede observarse un ligero aumento de los valores de este índice en las fracciones más finas.

Por el contrario, en la horizontal, pueden ob-

servarse variaciones en la cristalinidad de la esmectita, consistentes en un descenso de los valores del índice del Biscaye a medida que la proximidad a los yesos es mayor, y un aumento en las fracciones más finas (<2 y <0,5 μ).

La relación I (002)/I (001) de las ilitas de las arcillas de La Sagra muestra valores medios de 0,21, 0,28, 0,34 y 0,33, respectivamente, para las diferentes columnas estudiadas, lo que indica que las ilitas de estas muestras corresponden a una mezcla de micas en la que deben existir individuos di y trioctaédricos (ESQUEVIN, 1969).

En la Tabla 1 se muestra un resumen de los márgenes composicionales entre los que varían los porcentajes de elementos mayores de la fracción <2 μ , de muestras representativas de las tres formaciones estudiadas. Se observa que en todas ellas los elementos más abundantes son silicio, aluminio, hierro y magnesio. Cabe destacar que los porcentajes de SiO₂ y MgO son relativamente bajos, mientras que los de Al₂O₃, por el contrario, son altos. También es importante el porcentaje de óxidos de hierro, con valores comprendidos entre 7,02 y 9,87%.

TABLA 1

Valores máximos, mínimos y media de los óxidos de la fracción < 2 μ de las tres formaciones estudiadas

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	
F. Arcillas Rojas de La Sagra	39,49	15,05	6,63	0,08	4,07	0,34	2,09	0,57	0,13	Mínimo
	48,67	21,49	10,72	0,22	16,17	1,15	4,32	1,02	0,54	Máximo
	44,55	19,09	8,45	0,12	8,36	0,71	3,66	0,79	0,32	Media
F. Arenas Gruesas Rojas	45,95	17,89	5,03	0,07	2,42	0,41	2,38	0,45	0,05	Mínimo
	49,55	22,32	10,63	0,18	4,51	1,73	3,49	0,79	0,64	Máximo
	47,27	20,03	7,20	0,11	3,60	1,08	3,08	0,65	0,23	Media
F. Arenas Finas con Sepiolita, Sílex y Carbonatos	43,80	1,98	0,00	0,03	4,69	0,20	0,06	0,06	0,02	Mínimo
	56,50	21,23	9,68	1,79	25,49	5,90	3,52	0,89	0,47	Máximo
	49,66	13,40	5,86	0,20	12,60	1,35	2,04	0,60	0,18	Media

Si se comparan estos datos con los de las formaciones adyacentes se comprueba que el SiO₂, en ambas, se presenta entre márgenes ligeramente superiores, correspondiendo con la diferencia en composición mineralógica. Así mismo, se observa que los contenidos en Al₂O₃ y MgO de las arcillas de La Sagra son intermedios con respecto a los

contenidos en estos óxidos en las formaciones detríticas a las que pasa lateralmente, es decir, las proporciones más altas en Al₂O₃ y menores de MgO las presenta la Formación «Arenas Gruesas Rojas», situada al Sur, mientras que las mayores de MgO y menores en Al₂O₃ las presenta la formación arenosa a la que pasa lateralmente hacia el Oeste.

Al mismo tiempo, se observa, claramente, que en la formación arenosa occidental los porcentajes de Al_2O_3 y MgO varían entre márgenes muy amplios, correspondiendo los mayores de aluminio y menores de magnesio a los tramos arenosos y, por el contrario, los mayores de magnesio y menores de aluminio a los tramos arcillosos.

En la figura 10 se han representado las relaciones $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{MgO} - \text{Al}_2\text{O}_3/\text{MgO}$. En dicha figura las muestras de cada formación se sitúan agrupadas dentro de dominios bien diferenciados. Las arcillas de La Sagra son las que presentan una relación $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{MgO}$ más baja, debido a su naturaleza íltica. La diferencia fundamental existente entre las formaciones esmectíticas son los diferentes valores de la relación $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{MgO}$ que presentan, debidas a su carácter di o trioctaédrico.

Las únicas correlaciones que, de forma constante, pueden deducirse de las matrices de correlación realizadas para las arcillas de La Sagra (tabla 2) son: correlación positiva entre Al_2O_3 y K_2O y negativa de ambos con el MgO , así como correlación, también negativa, entre esmectita e ilita. En este último caso los valores más próximos a la unidad son los correspondientes a las matrices realizadas para las fracciones más finas.

DISCUSION

La Formación «Arcillas Rojas de La Sagra» muestra una composición mineralógica muy diferente de la que presentan las Formaciones detríticas con las que se encuentra relacionada.

La presencia de ilita como mineral dominante en las arcillas de La Sagra es un rasgo común con la mineralogía de la Unidad evaporítica central (GARCÍA SANTIAGO, 1984). Así mismo aparecen arcillas de naturaleza íltica en la zona de Torrejón, si bien en ellas el carácter íltico es atribuido a la influencia de materiales provenientes de zonas metamórficas del Sistema Central (DOVAL et al., 1985a). Sin embargo, en la Formación «Arcillas Gruesas Rojas», claramente relacionada con la denudación de los Montes de Toledo, los filosilicatos dominantes son las esmectitas.

Por tanto, cabe pensar que el área fuente de las arcillas de La Sagra no son, exclusivamente, los materiales que actualmente afloran en los Montes de Toledo, ni tampoco los que han actuado como área fuente de las Arenas Gruesas Rojas. La semejanza con las facies evaporíticas induce a creer en la influencia de procesos de dismantelamiento de materiales evaporíticos paleógenos denudados en las primeras etapas de levantamiento de los Montes de Toledo.

La actividad tectónica ha provocado la formación de debris-flow o mud-flow en la zona sur de la cuenca y abanicos aluviales en la parte oeste, los cuales han influido al mismo tiempo sobre los sedimentos de La Sagra, lo que justifica la composición química de esta Formación, intermedia a la de las formaciones circundantes.

Se observa, claramente, en esta formación, disminución de esmectita hacia el centro de la cuenca y hacia las zonas más profundas del sondeo a la vez que aumenta la proporción de ilita y apa-

TABLA 2
Matriz de correlación realizada a partir de los análisis químicos de la fracción < 2 μ de las muestras de la Formación «Arcillas Rojas de la Sagra»

SiO ₂	1								
Al ₂ O ₃	0.63	1							
MgO	-0.49	-0.92	1						
Fe ₂ O ₃	0.00	0.29	-0.28	1					
TiO ₂	0.23	0.26	-0.42	-0.02	1				
K ₂ O	0.47	0.85	-0.88	0.37	0.46	1			
CaO	-0.15	-0.36	0.35	-0.23	-0.05	-0.38	1		
MnO	-0.13	-0.16	0.18	-0.17	0.13	-0.15	0.33	1	
P ₂ O ₅	-0.25	-0.35	0.47	-0.21	-0.64	-0.39	0.48	-0.00	1
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MgO	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	K ₂ O	CaO	MnO	P ₂ O ₅

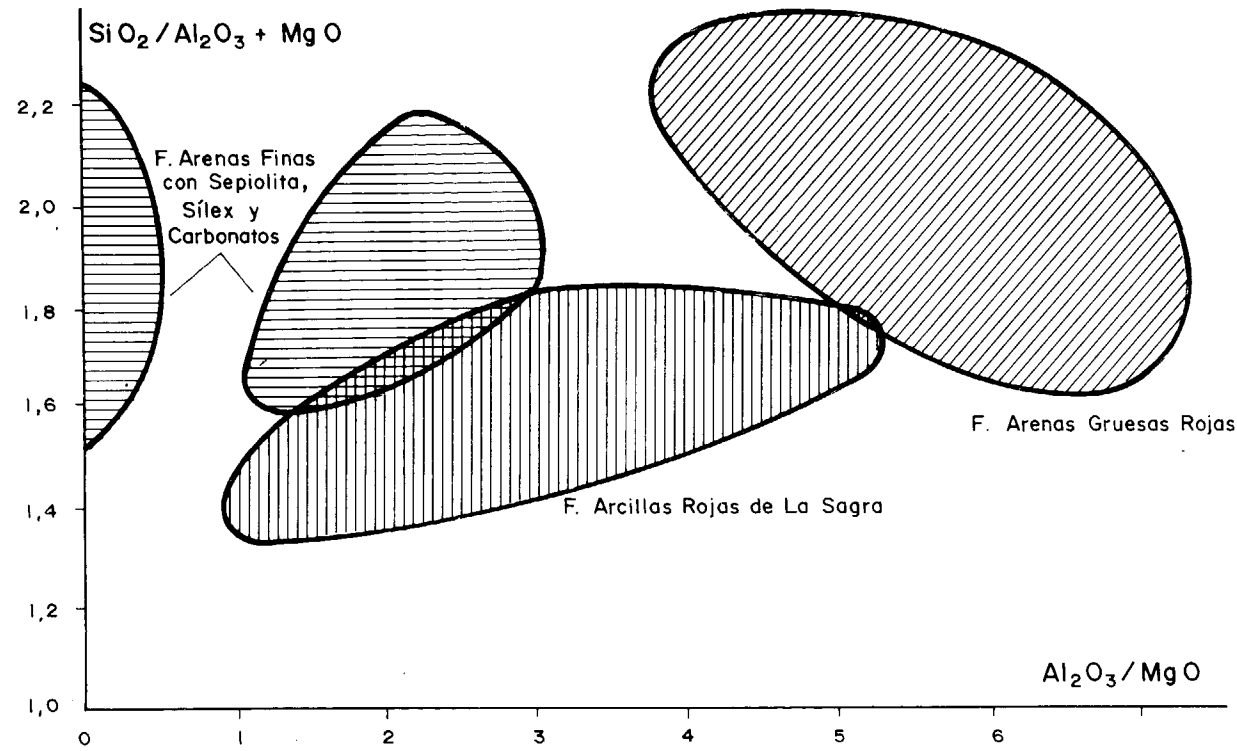


Figura 10.—Relación $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{MgO} - \text{Al}_2\text{O}_3/\text{MgO}$ de las formaciones estudiadas.

recen intergrados y pequeños porcentajes de clorita.

Es indudable, por tanto, la existencia de un proceso de ilitización durante la diagénesis. Estos datos, además, indican un ambiente deposicional confinado de salinidad elevada.

La reflexión (060) presenta dos máximos bien definidos en torno a 1,50 y 1,53 Å, por lo que se puede afirmar que, en esta Formación, hay dos tipos de filosilicatos claramente diferenciados: dioctaédricos y trioctaédricos. Si bien en la fracción <0.5 μ esta reflexión tiende a resolverse en forma de anchas bandas comprendidas entre 1.50 y 1.53 Å, lo que, según DESPRAIRES (1983), indica una población mineral de composición variable pero ligada a un ambiente único. De acuerdo con este autor, estas fases minerales de composición variable que se muestran en las fracciones más finas de las arcillas de La Sagra, cabrían interpretarse como resultado de procesos de transformaciones entre minerales di y trioctaédricos.

La correlación negativa entre K_2O y MgO , en el conjunto de la formación, parece indicar que este elemento se concentra, fundamentalmente, en posiciones octaédricas en las esmectitas detríticas. Sin embargo, en la serie más próxima al centro de cuenca, donde los porcentajes de esmectita son muy escasos, la proporción de MgO no disminuye de forma acusada.

Por otra parte, en las muestras próximas a los yesos, donde los porcentajes de esmectita son muy escasos o ésta está ausente, la reflexión (060) continúa presentando dos efectos bien definidos en torno a 1,50 y 1,53 Å, indicando, de nuevo, coexistencia de minerales di y trioctaédricos. La ilitización de esmectitas supone captación de potasio y aluminio o liberación de magnesio y sílice. Parte de este magnesio, suponemos, es el responsable de la aparición de clorita, mientras que otra parte se incorpora en la estructura de las ilitas diagenéticas.

Los procesos de transformación se apoyan ade-

más en la existencia de bandas en los diagramas de polvo de la fracción inferior a $0,5 \mu$, con mala resolución de máximos a 1.50 y 1.53 \AA , en el descenso de la cristalinidad de las esmectitas en la proximidad a las evaporitas, así como en los valores de la relación $I(002)/I(001)$ de las ilitas, los cuales, según ESQUEVIN (1969) corresponden a mezcla de ilitas di y trioctaédricas.

Procesos de ilitización semejantes han sido citados por diferentes autores como SINGER y STOFFERS (1980), que describen ilitización de esmectitas por incorporación de potasio y magnesio en su estructura, debidos al aumento de la salinidad por evaporación, en los sedimentos de los lagos Abert y Mayara en el Este de Africa. ESLINGER y SELLARS (1981) explican la formación de ilita a partir de esmectitas, durante la diagénesis, en los sedimentos de Clark Form, Idaho. Observan que este fenómeno va acompañado de una disminución de los contenidos en feldespato potásico de dichos sedimentos, lo que produce un aumento de potasio en el medio. En nuestro caso, como ya se ha indicado, los feldespatos que encontramos en esta formación son, fundamentalmente, plagioclasas. JONES y WEIR (1983) en los sedimentos del lago Abert (Oregón, U.S.A) encuentran que dentro del lago se produce una evolución mineral de montmorillonita e interestratificados clorita-montmorillonita hacia ilita y esmectitas trioctaédricas por interacción sedimento-fase acuosa. Así mismo, DOVAL et al. (1985b) citan procesos de ilitización de esmectitas en las arcillas asociadas a las facies evaporíticas de la zona Norte de la Cuenca del Tajo.

Todo lo expuesto indica, claramente, procesos de ilitización parcial de esmectitas, o su transformación, en parte, a cloritas, por incorporación de potasio y magnesio en su estructura, causantes de la formación de las ilitas trioctaédricas y cloritas encontradas en esta formación. Estos procesos no son suficientes para justificar las marcadas diferencias mineralógicas con los materiales a los que las arcillas de La Sagra pasan lateralmente, por lo que parece lógico, además, considerar posibles aportes de áreas fuentes distintas para los citados materiales, que aparecen en la región.

La formación arenosa occidental (Formación «Arenas finas con Sepiolita, Sílex y Carbonatos»), a nuestro juicio, corresponde a episodios sedimentarios posteriores relacionados con etapas tectónicas de elevación del Sistema Central, los cuales

provocan un aumento de sílice en la cuenca y favorecen la formación de sepiolita y esmectitas trioctaédricas.

B I B L I O G R A F I A

- BISCAYE (1965): *Mineralogy and sedimentation of recent deep-sea clay in the Atlantic Ocean and Adjacent Seas and Oceans*. Geol. Soc. Am. Bull., 76, pp. 803-832.
- BRELL, J. M.; DOVAL, M., y CARAMES, M. (1985): *Clay mineral distribution in the Evaporitic Miocene Sediments of the Tajo Basin, Spain*. Miner. Petrgr. Acta., 29, pp. 767-276.
- DOMÍNGUEZ DÍAZ, M. C. (1985): *Sedimentología y mineralogía de las facies detríticas neógenas en la Cuenca de Madrid (Paracuellos-Torrejón)*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Geológicas. Universidad Complutense de Madrid.
- DOVAL, M.; DOMÍNGUEZ DÍAZ, M. C.; BRELL, J. M., y GARCÍA ROMERO, E. (1985a): *Mineralogía y sedimentología de las facies distales del borde Norte de la Cuenca del Tajo*. Bol. Soc. Esp. Mineralogía, pp. 257-269.
- DOVAL, M.; GARCÍA SANTIAGO, P.; DOMÍNGUEZ DÍAZ, M. C., y BRELL, J. M. (1985b): *Mineralogía de las arcillas de las facies evaporíticas de la Cuenca del Tajo*. Trabajos de Geología. Univ. de Oviedo, 15, pp. 267-274.
- ESLINGER, E., and SELLARS, B. (1981): *Evidence for the formation of illite from smectite during burial metamorphism in the Belt Supergroup, Clark Forn, Idaho*, J. of Sediment. Petrol., vol. 51, núm. 1.
- ESQUEVIN, J. (1969): *Influence de la composition chimies des illites sur leur cristallinité*. Bull. Centre Rech. Pau. S.N.P.A., 3.1, pp. 147-153.
- GARCÍA ROMERO, E. (1988): *Estudio mineralógico y estratigráfico de las arcillas de las facies centrales del Neógeno del borde sur de la Cuenca del Tajo*. Tesis Doctoral. Fac. CC. Geológicas. Universidad Complutense de Madrid.
- GARCÍA SANTIAGO, P. (1984): *Estudio mineralógico de las arcillas de las facies evaporíticas de la Cuenca del Tajo*. Tesis de Licenciatura. Facultad de C.C. Geológicas. Universidad Complutense de Madrid.
- JACKSON, M. L. (1963): *Interlayering of expansible layer silicates in soils by chemical weathering*. Clays and clay Minerals, 11, pp. 29-46.
- JONES, B. F., and WEIR, A. (1983): *Clay minerals of lake Abert, an alkaline, saline lake*. Clays and Clay Minerals, 31, pp. 161-172.
- KUBLER (1968): *Evaluation quantitative du metamorphisme pour la cristallinité de l'illite*. Bull. C. R. Pau, S.M.P.A., 212, pp. 285-307.
- SINGER, A., and STOFFERS, P. (1980): *Clay Minerals diagenesis in two east african lake sediments*. Clay Minerals, 15, pp. 291-309.

Recibido: Julio de 1988